Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 1, Apr. May. 2021, p. 107- 120

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۰ ص.۱۲۰-۱۰۷

مقاله علمی- پژوهشی

# ارزیابی و مقایسه خصوصیات حسی، بافتی و رنگ خامه کم‌چرب با استفاده از تحلیل مولفه اصلی و رگرسیون حداقل مربعات جزئی

سید علی محمدی[۱]- محسن قدس روحانی[۲*]- مسعود نجف نجفی[۳]- مرتضی کاشانی‌نژاد[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۲

## چکیده

در این تحقیق اثر مقادیر مختلف صمغ کنجاک (۰/۲ تا ۰/۶ درصد)، میزان چربی (۱۸ تا ۲۵ درصد) و فشار هموژن (۱۰۰ تا ۲۰۰ بار) بر خصوصیات حسی، بافتی و رنگ خامه کم‌چرب مورد بررسی قرار گرفت و سپس این خصوصیات با استفاده از روش‌های تحلیل مولفه اصلی و رگرسیون حداقل مربعات جزئی مقایسه گردید. نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از روش سطح پاسخ حاکی از آن بود که افزایش فشار هموژن سبب افزایش سختی، قوام، چسبندگی، *b، امتیاز حسی بافت، امتیاز حسی عطر و پذیرش کلی نمونه‌ها شد. در حالی که افزایش چربی منجر به افزایش چسبندگی، *L، *b، امتیاز حسی طعم، امتیاز حسی عطر و پذیرش کلی نمونه‌ها گردید. افزایش صمغ کنجاک نیز سبب افزایش سختی، قوام، چسبندگی و امتیاز حسی بافت شد. پراکنش پاسخ‌ها در فضای مولفه‌های اصلی نیز نشان داد که صفات دستگاهی سختی و قوام در مجاورت هم و نزدیک به امتیاز حسی بافت قرار گرفتند که مجاورت این صفات حاکی از آن بود که صفات اندازه‌گیری شده توسط ارزیاب‌ها تقریباً معادل پارامترهایی بود که توسط روش‌های دستگاهی اندازه‌گیری شده بودند. همچنین نتایج حاصل از ارزیابی ضریب همبستگی میان داده‌های حسی و دستگاهی نشان داد که بالاترین میزان همبستگی بین سختی و امتیاز حسی بافت (یک ارتباط خطی مثبت قوی (۰/۷۷۴)) و قوام و امتیاز حسی بافت ( یک ارتباط خطی مثبت قوی (۰/۷۶۰)) وجود داشت.

**واژه‌های کلیدی:** تحلیل مولفه اصلی، خامه کم‌چرب، رگرسیون حداقل مربعات جزئی، صمغ کنجاک، فشار هموژن.

## مقدمه

خامه عبارت است از چربی تغلیظ شده شیر، که در آن چربی به‌صورت گلبول‌هایی که توسط یک غشاء محافظت می‌شوند، وجود دارد. از نظر فیزیکی، خامه نیز مانند شیر نوعی امولسیون چربی در آب می‌باشد (قدس روحانی، ۱۳۸۵). در سال‌های اخیر در پی افزایش سطح آگاهی مردم در رابطه با مضرات مصرف چربی، تقاضا برای فراورده‌های کم‌چرب افزایش قابل توجهی پیدا کرده است (Worrasinchai *et al.*, 2006). فراورده‌های لبنی نیز به‌عنوان یکی از منابع مهم غذایی، شاهد تغییرات عمده‌ای بوده‌اند و تحقیقات فراوانی جهت تهیه فرآورده‌های لبنی با درصد چربی پایین انجام شده است (غلامحسین‌پور، ۱۳۹۰). همزمان با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به تاثیر رژیم غذایی در سلامت آنها، محققان اقدام به تولید فراورده‌هایی نموده‌اند که ضمن تامین سلامت مصرف کننده، از نظر ویژگی‌های حسی و اقتصادی قابل رقابت با فراورده‌های متداول در بازار باشد. از طرفی کاهش چربی منجر به کاهش ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی فرآورده، مانند طعم و مزه، احساس دهانی و بافت می‌شود. بنابراین تولید یک محصول کم‌چرب با همان ویژگی‌های محصول پرچرب، دشوار است. به‌منظور تقلید عملکردهای متفاوت چربی در محصول کم‌چرب، مواردی از قبیل قوام محصول، تاثیر اندازه ذرات بر احساس دهانی (Merril *et al.*,1994)، رنگ، طعم و ویژگی‌های رئولوژیکی، بایستی مورد توجه قرار گیرد (Liu *et al.*, 2007). جایگزین‌های چربی ماکرومولکول‌هایی هستند که به منظور تامین تمام یا قسمتی از وظایف چربی در یک فرآورده غذایی مورد استفاده قرار گرفته و نسبت به چربی کالری کمتری ایجاد می‌نمایند (Duffy & Anderson 1998). کنجاک، هیدروکلوئید

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، تکنولوژی تولید فراورده های نوین لبنی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۲ و ۳- استادیار و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۴- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: Qhods@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v17i1.81470

پلی‌ساکاریدی و خنثی است که به‌خاطر توانایی جذب آب بالا، به‌عنوان تشکیل‌دهنده ژل و عامل سفت‌کننده در غذاهای سنتی آسیایی استفاده می‌شود (Zhang *et al*., 2015). به‌علاوه، از آن به‌عنوان یکی از ویسکوزترین فیبرهای رژیمی یاد می‌کنند. این ماده پلی‌ساکارید بی‌رنگ و بی‌مزه است که از غده گیاه آمورفوفالوس کنجاک به‌دست می‌آید. ساختار خطی از قندهای دی‌گلوکوپیرانوز و دی‌مانوپیرانوز دارد که به‌صورت تصادفی با نسبت ۱ به ۱/۶ قرار داشته و به صورت پیوندهای (4 -1) β قرار گرفته اند که باعث شده این ماده ژل پایدار در مقابل حرارت ایجاد کند. این ماده ۵ تا۱۰ درصد گروه آسیل دارد که باعث محلول بودن آن در محیط‌های آبی و انعطاف‌پذیری زنجیره می‌شود (محروقی، ۱۳۹۶). استفاده از کنجاک در کشورهای غربی به‌عنوان یک جزء در غذاهای فراسودمند روبه گسترش است (Al-Ghazzewi , 2007). صمغ کنجاک عملکردی دوگانه دارد، از یک سو به دلیل غیرقابل‌هضم بودن یک فیبر غذایی محسوب می‌شود و به‌خاطر نقش مهم آن در کنترل وزن، اصلاح متابولیسم میکروبی روده، خارج ساختن رادیکال‌های آزاد، ممانعت از رشد تومورهای نهفته و پیشرفته نادر، بسیار مورد توجه است (Chua *et al*., 2012). از سوی دیگر به خاطر توانایی جذب آب بالا، به‌عنوان تشکیل‌دهنده ژل و عامل سفت‌کننده در غذاهای سنتی آسیایی اهمیت زیادی دارد (Zhang *et al*., 2015).

در پژوهش صورت گرفته در مورد تاثیر پایدارکننده‌ها بر پایداری امولسیون خامه قنادی با ۳۶٪ چربی، مشخص شد که افزودن مخلوط پایدارکننده‌ها از جمله کاراگینان، صمغ دانه خرنوب و سیترات سدیم به میزان ۰/۲۵٪، آب‌انداختگی خامه را در مدت نگهداری، کاهش می‌دهد (Smith *et al*., 2000). در پژوهش انجام شده توسط ایوبی و مظاهری تهرانی (۱۳۹۴)، آرد کامل سویا از ۵ درصد تا ۲۲/۵ درصد در فرمولاسیون خامه کم‌چرب با ۳۰ درصد چربی استفاده شد. اثر فرمولاسیون بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی ارزیابی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که فرمولاسیون خامه به‌طور معنی‌داری بر تمامی خواص خامه اثر گذاشت. در پژوهش صورت گرفته توسط غلامحسین‌پور و مظاهری‌تهرانی (۱۳۹۰) نیز از خامه کم‌چرب ۳۰ درصد چربی به‌عنوان پایه تولید و کنسانتره پروتئینی شیر در مقادیر صفر تا ۱۱/۱ درصد استفاده گردید و اثر آن، بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی خامه بررسی شد. نتایج نشان داد که در مقایسه با نمونه شاهد با افزایش میزان کنسانتره پروتئینی، اسیدیته و ویسکوزیته ظاهری به‌طور معنی‌داری افزایش و چربی، آب‌انداختگی و pH به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابند. همچنین نمونه‌های تولیدی در پارامترهای حسی رنگ و ظاهر، یکنواختی و بو امتیازات لازم را به‌دست آوردند اما در سایر موارد امتیاز قابل قبولی حاصل نگردید. امیری و رادی (۱۳۷۸) نیز از دو نوع نشاسته اصلاح شده به میزان ۵ و ۱۰ درصد به‌عنوان یک جایگزین چربی در خامه کم‌چرب استفاده کردند. نتایج این بررسی نشان داد که افزودن نشاسته اصلاح شده در سطح جایگزینی ۵ درصد به دلیل حفظ حالت خامه‌ای و دارا بودن بافت و طعمی قابل قبول، برای تهیه خامه کم‌چرب می‌تواند مفید باشد. امام جمعه و همکاران (۱۳۸۶) اثر افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر بر روی خصوصیات فیزیکی خامه لبنی شیرین هموژنیزه شده بررسی نمودند و نشان دادند که افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر ویسکوزیته ظاهری خامه‌های زده نشده را افزایش داد. فرحناکی و همکاران (۱۳۹۰) اثر ژلاتین به‌عنوان هیدروکلوئید جایگزین چربی در تولید خامه کم‌چرب را بررسی کردند و نشان دادند که ژلاتین قادر به بهبود ویژگی‌های نمونه‌های خامه کم‌چربی و نزدیک کردن ویژگی‌های آن به ویژگی‌های خامه شاهد ۳۰ درصد چربی می‌باشد. روش‌های آماری که برای بیان و تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده همزمان چند متغیر به‌کار می‌رود تحلیل چندمتغیره نامیده می‌شود. یکی از این روش‌ها، تحلیل مولفه اصلی (PCA) ( Principal components analysis) می‌باشد. PCA یک روش آماری مفید برای فشرده‌سازی اطلاعات تصاویر، کاهش تعداد پاسخ‌های یک آزمایش یا فرایند با پاسخ‌های زیاد به‌وسیله ترکیب نمودن پاسخ‌ها می‌باشد بدون اینکه اطلاعات اصلی داده‌ها نادیده گرفته شود (Tenenhaus *et al*., 2005).

یکی از ابزارهای مهم برای پیش‌بینی متغیرهای وابسته از روی متغیرهای مستقل، استفاده از معادلات رگرسیون می‌باشد. وجود برخی از معایب همچون وجود هم خطی بین متغیرهای مستقل یا توضیحی در برخی از مطالعات باعث نامعتبر شدن مطالعات رگرسیونی (حداقل مربعات عمومی) شده است. از این رو محققان روش‌های جدیدی برای بنا کردن معادله پیش بینی ارائه داده‌اند که روش رگرسیونی موسوم به کمترین مربعات جزئی از مهمترین این معادلات می‌باشد. دراین روش مؤلفه‌های جدید متعامدی که ترکیب خطی از متغیرهای اولیه هستند، ایجاد شده سپس از این مؤلفه‌ها برای ساختن معادله رگرسیونی استفاده می‌شود. در مدل رگرسیون PLS ضرایب استاندارد VIP ( Variable Importance in Projection) منعکس‌کننده اثر تک‌تک xها بر روی yها می‌باشد و به آسانی در نمودار PLS قابل مشاهده است و به این ترتیب مؤثرترین متغیرها و درجه اهمیت آنها به سرعت شناسایی و تشخیص داده می‌شوند. آزمون رگرسیون حداقل مربعات جزئی می‌تواند به خوبی ویژگی‌های حسی بافت را بوسیله اندازه‌گیری‌های دستگاهی بافت پیش‌بینی کند و ارتباط بین ماتریس‌های حسی و فیزیکی را مورد آنالیز قرار دهد (Tenenhaus *et al*., 2005). در این تحقیق سعی شده است با استفاده از صمغ کنجاک و کنترل شرایط فرایند، ضمن کاهش میزان چربی، ویژگی‌های حسی، فیزیکوشیمیایی و بافتی خامه را در سطح قابل قبولی حفظ نمود. در ادامه طرح پس از اندازه‌گیری صفات مذکور، همبستگی ویژگی‌های دستگاهی و حسی با استفاده از روش‌های تحلیل مولفه اصلی و رگرسیون حداقل مربعات جزئی مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

خامه تازه ۳۰ درصد چربی و شیر پاستوریزه سه درصد چربی از شرکت فراورده‌های لبنی رضوی و صمغ کنجاک تولید کشور چین از شرکت فود کم (FoodChem) تهیه گردید.

### روش تهیه خامه کم چرب

ابتدا خامه اولیه از نظر درصد چربی و اسیدیته مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس صمغ کنجاک در شیر پاستوریزه ۴۵ درجه سانتی‌گراد مخلوط و به‌صورت ملایم حرارت داده شد تا کاملا حل گردد. در ادامه با استفاده از مربع پیرسون مخلوط شیر و صمغ تا رسیدن به درصد چربی‌های مورد نظر، به خامه اولیه اضافه شد. سپس مخلوط حاصل در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و با فشار ۱۰۰ تا ۲۰۰ بار و با استفاده از هموژنایزر پیستونی (HL1.2، HST، آلمان) هموژنیزه شد. مخلوط نهایی به‌صورت غیرمداوم در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه پاستوریزه و در لیوان های پلی‌اتیلن بسته‌بندی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمون‌ها در یخچال نگهداری شد. لازم به ذکر است که میزان صمغ، فشار هموژن و درصد چربی خامه بر مبنای تیمارهای داده شده توسط نرم افزار تعیین گردید.

### ارزیابی حسی

ارزیابی حسی با استفاده از آزمون چشایی (Taste panel) به روش هدونیک (Hedonic method) به‌صورت آزمون پنج نقطه‌ای (از خیلی بد: ۱، تا خیلی خوب: ۵) انجام شد ( قدس روحانی، ۱۳۸۸) . تعداد داوران ۷ نفر، شامل ۴ نفر مرد و ۳ نفر زن (در محدوده سنی ۲۵ تا ۴۰ سال) بودند که از بین متخصصان شاغل در بخش تولید و کنترل کیفیت شرکت فرآورده‌های لبنی رضوی مشهد انتخاب و آموزش های لازم را در این زمینه دیده بودند. نمونه‌ها (بسته‌های ۱۰۰ گرمی) مدتی قبل از سردخانه خارج شده و پس از رسیدن به دمای محیط، در اختیار داوران قرار می‌گرفت. داوران نمونه‌ها را از نظر طعم، بافت، عطر، رنگ و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار دادند.

### آزمون اکستروژن برگشتی

آزمون اکستروژن برگشتی عبارت است از اعمال نیرو به ماده غذایی تا زمانی که آن ماده از طریق یک خروجی, مانند شکاف‌ها یا سوراخ‌های موجود در سلول آزمایش به بیرون جریان یابد. هدف اعمال نیرو در این مرحله این است که ساختار آن از هم پاشیده و از طریق خروجی‌ها به بیرون ریخته شود . اغلب، نیروی بیشینه مورد نیاز برای بیرون ریخته شدن نمونه را اندازه‌گیری کرده و از آن به‌عنوان شاخص کیفیت بافتی استفاده می‌شود. بیشترین مقدار نیرو در قسمت مثبت نمودار به‌عنوان سختی (Hardness)، مساحت زیر نمودار در قسمت مثبت به‌عنوان قوام (Consistency) و مساحت زیر نمودار در قسمت منفی به‌عنوان چسبندگی (Adhesiveness) در نظر گرفته شد.

برای انجام این آزمون از دستگاه ( Texture Analyzer Stable Micro Systems, London, UK) استفاده شد. در این آزمون از سیلندر با قطر ۵۰۰ میلی‌متر و عمق ۱۰ سانتی‌متر و پروب با قطر ۴۰ میلی‌متر و ضخامت ۱۳ میلی‌متر استفاده شد. سرعت حرکت پروب ۱/۶۷ میلی‌متر برثانیه، در دمای ۴ درجه سلسیوس و در سه تکرار در نظر گرفته شد (Sajedi *et al*., 2014).

### اندازه‌گیری رنگ

جهت تهیه تصویر نمونه‌ها از اسکنر (HP scan jet G4010) استفاده شد. نمونه‌ها به‌صورت یکنواخت درون یک پلیت کاملا شفاف قرار گرفتند و سپس پلیت بر روی اسکنر قرار گرفت و روی آنها توسط پارچه ضخیم و کاملا تیره پوشانده شد. تصاویر تهیه شده برای آنالیز در فرمت JPEG ذخیره‌سازی شدند و سپس آنالیز تصاویر با استفاده از نرم‌افزار Image J (National Institute of Health, USA) صورت پذیرفت. از مدل رنگی CIE L*a*b* L* (سیاه صفر تا سفید ۱۰۰)، a* (قرمز ۶۰ تا سبز ۶۰-) و b* (زرد ۶۰ تا آبی ۶۰-) نیز برای تعیین پارامترهای رنگ خامه کم‌چرب استفاده شد که میانگین مقادیر L* و a* و b* برای ۲۰ نمونه خامه کم‌چرب در سه تکرار اندازه‌گیری شد.

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

این طرح به روش کاملاً تصادفی در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD) با شش تکرار در نقطه مرکزی برای سه متغیر و در سه سطح انجام شد (جدول۱) به صورتی که تعداد کل تیمارها ۲۰ تیمار شد. نتایج پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری (Design-Expert version 10) به روش سطح پاسخ (R.S.M) آنالیز شد و هر یک از متغیرهای پاسخ در قالب مدل رگرسیون چندجمله‌ای ارائه شدند. همچنین با استفاده از جدول آنالیز واریانس (ANOVA) معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل ضرایب مدل رگرسیون برای هر پاسخ در سطوح ۰/۰۵، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ بررسی گردید.

## نتایج و بحث

### تعیین مدل‌ها

معادلات به‌دست آمده برای پیش‌بینی متغیرهای وابسته با استفاده از روش سطح پاسخ برای متغیرهای معنی‌دار در جدول ۲ آمده است. برای بررسی صحت مدل از ضریب تبیین ($R^2$) و تست عدم برازش استفاده گردید. همان طور که در جدول ۲ نشان داده شده است ضریب تبیین برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده بالاتر از ۰/۸ بوده و فاکتور عدم برازش نیز برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد. بنابراین بالا بودن ضریب تبیین و معنی‌دار

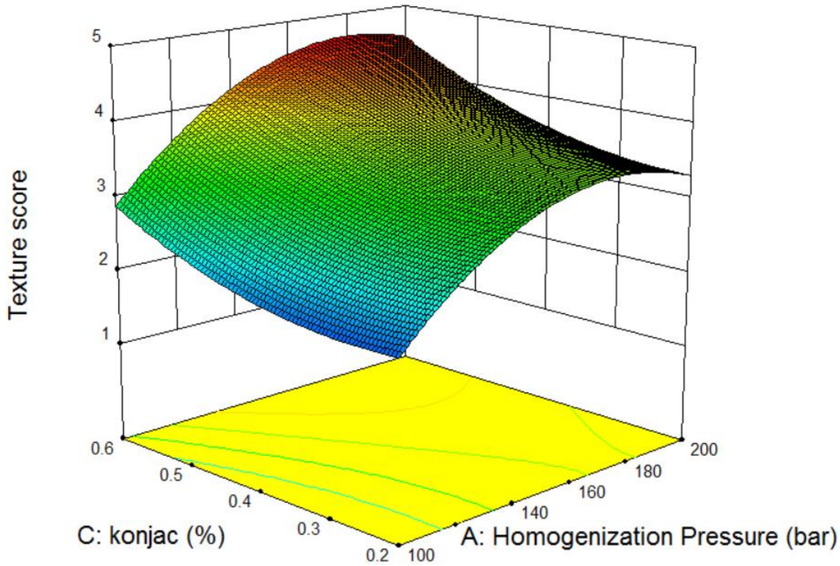
نبودن عدم برازش برای تمامی پاسخ‌ها صحت مدل را برای برازش اطلاعات تأیید می‌کند. برای مشاهده بهتر اثر متغیرهای مستقل بر روی صفات مورد آزمایش، نمودارهای سطح پاسخ برای هر صفت رسم گردید.

**جدول ۱- متغیرهای مستقل در فرآیند تولید خامه کم‌چرب و سطوح آنها**

| متغیر | نماد | سطوح کد بندی شده متغیر | | |
|---|---|---|---|---|
| | | +۱ | ۰ | -۱ |
| فشار هموژن (بار) | X1 | ۲۰۰ | ۱۵۰ | ۱۰۰ |
| چربی (درصد) | X2 | ۲۵ | ۲۱/۵ | ۱۸ |
| صمغ کنجاک (درصد) | X3 | ۰/۶ | ۰/۴ | ۰/۲ |

**جدول ۲- معادلات به‌دست آمده برای پیش‌بینی متغیرهای وابسته با استفاده از روش سطح پاسخ**

| متغیرهای وابسته | معادله | F Value | p-value Prob > F | ضریب تبیین | ضریب تغییرات | عدم برازش |
|---|---|---|---|---|---|---|
| امتیاز حسی بافت | $y_2 = -9/32 + 0/074A + 0/27B + 9/3C + 1/13 \times 10^{-3}AB + 1/13 \times 10^{-3}AC - 0/64BC - 2.9 \times 10^{-4}A^2 - 2/25 \times 10^{-3}B^2 + 7/43C^2$ | ۶/۳۱ | ۰/۰۰۵۷ | ۰/۹۹ | ۱۴/۲۴ | n.s |
| امتیاز حسی طعم | $y_2 = 3/88 + 0/29A + 0/055B + 0/055C + 1/14AB - 0/86AC - 1/21BC - 0/17A^2 + 0/25B^2 + 0/52C^2 + 1/06ABC - 1/50A^2B + 0/96A^2C - 1/23AB^2$ | ۶/۲۱ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۹۹ | ۵/۲۲ | n.s |
| امتیاز حسی عطر | $y_2 = 4/04 + 0/16A + 0/38B + 0/13C + 0/61AB$ | ۲۶/۷۲ | ۰/۰۰۱ | ۰/۹۸ | ۱/۹۹ | n.s |
| پذیرش کلی | $y_2 = -6/67 + 0/059A + 0/39B - 0/137C + 8/05 \times 10^{-4}AB$ | ۵/۰۳ | ۰/۰۱۲۳ | ۰/۸۳ | ۰/۸۳ | n.s |
| سختی | $y_1 = 232/46 + 100/24A + 134/89B + 143/75C + 178/54AB - 104/8AC - 143/37BC - 32/53A^2 + 98/07B^2 + 102/13C^2 + 171/18ABC - 183/83A^2B + 115/76A^2C - 172/03AB^2$ | ۶۲/۲۷ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۹۹ | ۸/۸۷ | n.s |
| قوام | $y^2 = 3777/11 + 1605/73A + 2144/12B + 2776/95C - 1342/35AB - 2071/24AC - 488/431BC - 406/04A^2 - 1502/29B^2 + 2679/02C^2 - 2631/73ABC + 1696/25A^2B - 251436A^2C$ | ۹۹/۸۱ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۹۹ | ۶/۵۰ | n.s |
| چسبندگی | | ۹۲۶/۲۰ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۹۹ | ۲/۴۵ | n.s |
| L* | $y_1 = 89/41 + 0/13A + 0/15B - 2/5 \times 10^{-3}C - 0/2AB + 0/71AC - 0/39BC - 0/10A^2 + 0/044B^2 + 0/075C^2$ | ۴۴/۲۳ | ۰/۰۰۰۳ | ۰/۹۹ | ۰/۰۸۳ | n.s |
| b* | $y_2 = 7/20 + 0/049A + 0/26B + 6/5 \times 10^{-3}C + 0/025AB - 0/098AC - 0/17BC + 12/60A^2 - 0/21C^2 + 0/020ABC - 0/055A^2B + 0/13A^2C - 0/17AB^2$ | ۳۴۴/۶۶ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۹۹ | ۰/۲۴ | n.s |




**شکل ۱- تأثیر صمغ کنجاک و فشار هموژن بر روی امتیاز حسی بافت نمونه‌ها (چربی ۲۵ درصد)**

### امتیاز حسی بافت

نتایج بررسی‌ها نشان داد که در بین اثرات خطی، متقابل و درجه دوم، اثر خطی فشار هموژن در سطح ۹۹ درصد و اثر خطی صمغ کنجاک در سطح ۹۵ درصد بر روی امتیاز حسی بافت نمونه‌ها معنی‌دار بود در حالی که چربی و کلیه اثرات متقابل هیچگونه اثر معنی‌داری بر امتیاز حسی بافت نمونه‌ها در روز اول نداشتند. شکل۱ تأثیر صمغ کنجاک و فشار هموژن را بر روی امتیاز حسی بافت نمونه‌ها در شرایطی که چربی در نقطه بیشترین (۲۵ درصد) ثابت نگه‌داشته شده را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱ در شرایطی که چربی در مقدار بیشترین (۲۵ درصد) ثابت نگه داشته شود بالاترین میزان امتیاز حسی بافت به نمونه حاوی ۰/۶ درصد کنجاک و فشار هموژن ۲۰۰ بار تعلق می‌گیرد. همچنین با افزایش میزان فشار هموژن و صمغ کنجاک امتیاز حسی بافت نمونه‌ها نیز به طور معنی‌دار افزایش می یابد. در تحقیقات سایر محققان نیز اثبات شده است ویسکورزیته نقش مهمی در احساس دهانی خامه ایجاد می‌کند، لذا نمونه‌های دارای هیدروکلوئید بالاتر (زانتان) ویسکوزیته بالاتر و احساس دهانی بالاتری ایجاد نمود (Zhao *et al*., 2009 ).

### امتیاز حسی طعم

نتایج بررسی‌ها نشان داد که در بین اثرات خطی، متقابل و درجه دوم تنها اثر خطی چربی در سطح ۹۵ درصد و اثرات متقابل صمغ کنجاک - فشار هموژن و چربی–صمغ کنجاک در سطح ۹۵ درصد بر روی امتیاز حسی طعم معنی‌دار بود در حالی که صمغ کنجاک و فشار هموژن به تنهایی هیچگونه اثر معنی‌داری بر امتیاز حسی طعم نمونه‌ها نداشتند. عدم معنی‌داری صمغ کنجاک و فشار هموژن به تنهایی و معنی‌دار شدن اثر متقابل صمغ کنجاک– فشار هموژن بر روی امتیاز حسی طعم نمونه‌ها نشان دهنده اثر سینرژیستی آنها بر روی یکدیگرمی‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش میزان چربی امتیاز حسی طعم نمونه‌ها نیز به‌طور معنی‌دار افزایش می‌یابد این درحالی است که افزایش فشار هموژن تاثیر چندانی برامتیاز حسی طعم نمونه‌ها نداشت.

### امتیاز حسی عطر

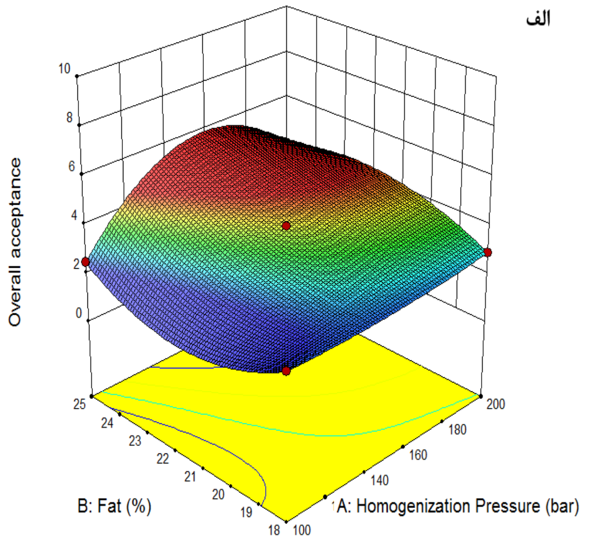
نتایج بررسی‌ها نشان داد که در بین اثرات خطی، متقابل و درجه دوم اثر خطی فشار هموژن و چربی در سطح ۹۵ درصد و چربی در سطح ۹۵ درصد و اثرات متقابل صمغ فشار هموژن– چربی و فشار هموژن– صمغ کنجاک در سطح ۹۵ درصد بر روی امتیاز حسی عطر معنی‌دار بود در حالی که صمغ کنجاک به تنهایی هیچگونه اثر معنی‌داری بر امتیاز حسی عطر نمونه‌ها نداشت. نتایج نشان داد که در شرایطی که صمغ کنجاک در مقدار کمترین باشد با افزایش میزان فشار هموژن و چربی امتیاز حسی عطر نمونه‌ها نیز به‌طور معنی‌دار افزایش می‌یابد این درحالی است که در شرایطی که صمغ کنجاک در مقدار بیشترین باشد با افزایش میزان فشار هموژن و چربی امتیاز حسی عطر نمونه‌ها نیز به‌طور معنی‌دار کاهش می‌یابد که نشان دهنده نقش انتاگونیستی صمغ کنجاک و چربی و فشار هموژن بر امتیاز حسی عطر می‌باشد که منجربه تاثیر منفی بر روند امتیاز حسی عطر نمونه‌ها شده است.

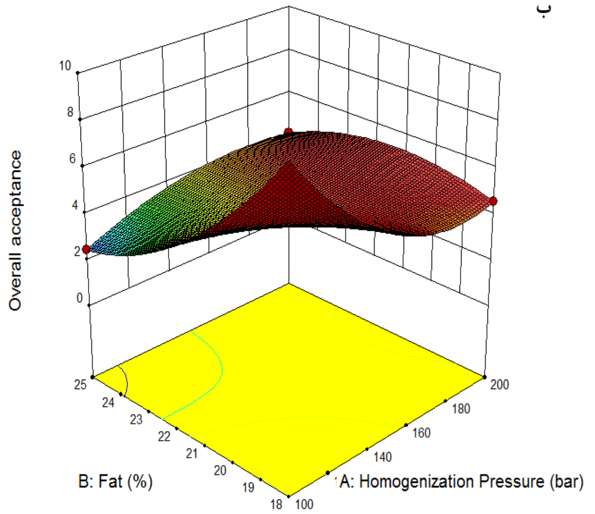
### امتیاز حسی رنگ

امتیاز حسی رنگ نمونه‌های مورد آزمون بین ۴/۱۵ تا ۴/۵ متغیر بود. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که هیچ کدام از اثرات خطی و درجه دوم و متقابل اثرات چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن بر روی امتیاز حسی رنگ نمونه‌ها در معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵).

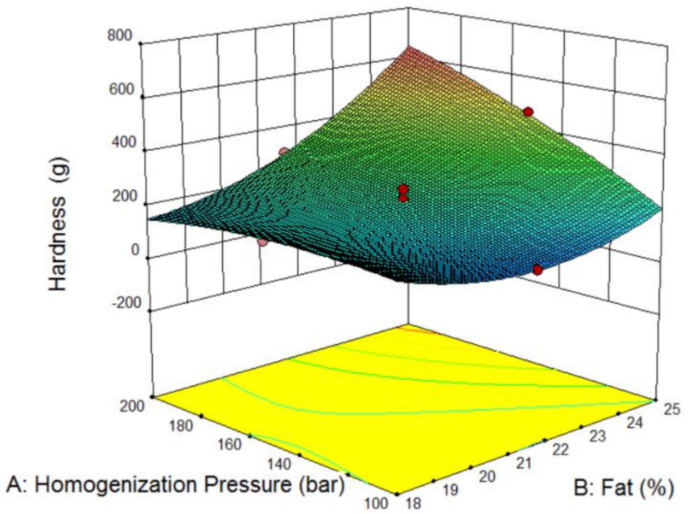
### پذیرش کلی

نتایج بررسی‌ها نشان داد که در بین اثرات خطی، متقابل و درجه دوم اثر خطی فشار هموژن در سطح ۹۹ درصد و چربی در سطح ۹۵ درصد و اثرات متقابل صمغ کنجاک- چربی در سطح ۹۵ درصد بر روی پذیرش کلی معنی‌دار بود در حالی که صمغ کنجاک به تنهایی هیچگونه اثر معنی‌داری بر پذیرش کلی نمونه‌ها نداشت. عدم معنی‌داری صمغ کنجاک به تنهایی و معنی‌دار شدن اثر متقابل صمغ کنجاک- چربی بر روی پذیرش کلی نمونه‌ها نشان‌دهنده اثر سینرژیستی آنها بر روی یکدیگر می‌باشد.




شکل ۲- تأثیر چربی و فشار هموژن بر روی پذیرش کلی نمونه ها (الف: صمغ کنجاک ۰/۲ درصد، ب: صمغ کنجاک ۰/٦ درصد)




شکل ۳- تأثیر چربی و فشار هموژن بر روی سختی نمونه‌ها (صمغ کنجاک ۰/٤ درصد)

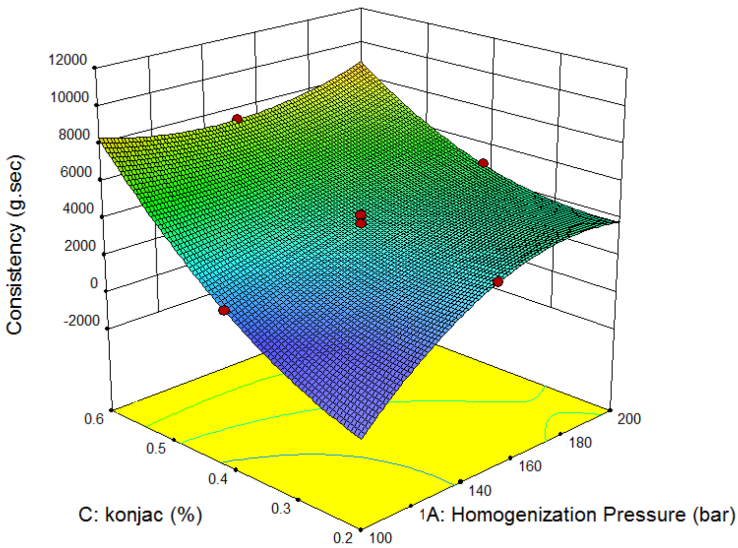
شکل ۲ تأثیر چربی و فشار هموژن را به‌ترتیب بر روی پذیرش کلی نمونه‌ها در شرایطی که صمغ کنجاک به ترتیب در نقطه کمترین (۰/۲ درصد) (شکل الف) و بیشترین (۰/۶ درصد) (شکل ب) ثابت نگه‌داشته شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در شرایطی که صمغ کنجاک در مقدار کمترین باشد با افزایش میزان فشار هموژن و چربی پذیرش کلی نمونه‌ها نیز به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد این درحالی است که در شرایطی که صمغ کنجاک در مقدار بیشترین باشد با افزایش میزان فشار هموژن و چربی پذیرش کلی نمونه‌ها نیز به‌طور معنی‌دار کاهش می‌یابد که نشان دهنده نقش انتاگونیستی صمغ کنجاک بر چربی و فشار هموژن می‌باشد که منجر به تاثیر منفی بر روند پذیرش کلی نمونه‌ها شده است.

**سختی**

شکل ۳ تأثیر فشار هموژن و چربی را بر روی سختی نمونه‌ها در شرایطی که صمغ کنجاک در نقطه مرکزی (۰/۴ درصد) ثابت نگه‌داشته شده را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳ در شرایطی که صمغ کنجاک نمونه‌ها در نقطه مرکزی، ثابت نگه داشته شود با افزایش میزان فشار هموژن و چربی سختی، نمونه‌ها به طور معنی‌دار افزایش می‌یابند. Sajedi و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که میزان چربی بر سختی خامه هوادهی شده موثر است. همچنین با توجه به شکل ۱ با افزایش همزمان فشار هموژن و چربی، سختی نمونه‌ها به میزان بیشتری افزایش می‌یابد که نشان دهنده اثر سینرزیستی چربی و فشار هموژن بر روی سختی نمونه‌ها می باشد. ظاهرا علت این است که هموژنیزاسیون باعث افزایش ویسکوزیته می‌شود و هرچه فشار هموژن بیشتر شود، ویسکوزیته نیز افزایش می‌یابد (قدس روحانی، ۱۳۸۵). بدیهی است که این امر خودبه‌خود باعث افزایش سختی خامه نیز خواهد شد. این در حالی است که نتایج Mulder و Walstra (۱۹۷۴) نشان داد، فشار هموژن بالا به‌ویژه برای نمونه‌های حاوی چربی بالا و مقدار کم غلظت پروتئین‌های سرمی، باعث تخریب ساختار گلبول‌های چربی شده که مقاومت درونی خامه را کاهش می‌دهد.

**قوام**

شکل ۴ تأثیر صمغ کنجاک و فشار هموژن را بر روی قوام در شرایطی که چربی در نقطه مرکزی (۲۱/۵ درصد) ثابت نگه‌داشته شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود با افزایش میزان فشار هموژن و صمغ کنجاک قوام نمونه‌ها نیز به‌طور معنی‌دار افزایش می‌یابد. به احتمال زیاد افزایش فشار هموژن باعث کاهش توزیع اندزه ذرات موجود در امولسیون شده که با کاهش توزیع اندازه ذرات ویسکوزیته دیسپرسیون و در نتیجه قوام افزایش می‌یابد. صمغ کنجاک نیز با جذب آب آزاد به خود باعث کاهش آب ازاد و درنتیجه افزایش قوام خامه می‌شود ( محروقی، ۱۳۹۶). همچنین بر اساس نتایج این تحقیق با افزایش میزان چربی قوام نمونه‌ها نیز افزایش می‌یابد. محمدی (۱۳۹۰) نیز نشان داد که افزایش هموژنیزاسیون منجر به کاهش ضریب قوام محلول نیم درصد کربوکسی متیل سلولز شد.




**شکل ٤- تأثیر صمغ کنجاک و فشار هموژن بر روی قوام نمونه‌ها (چربی ۲۱/۵ درصد)**

**چسبندگی**

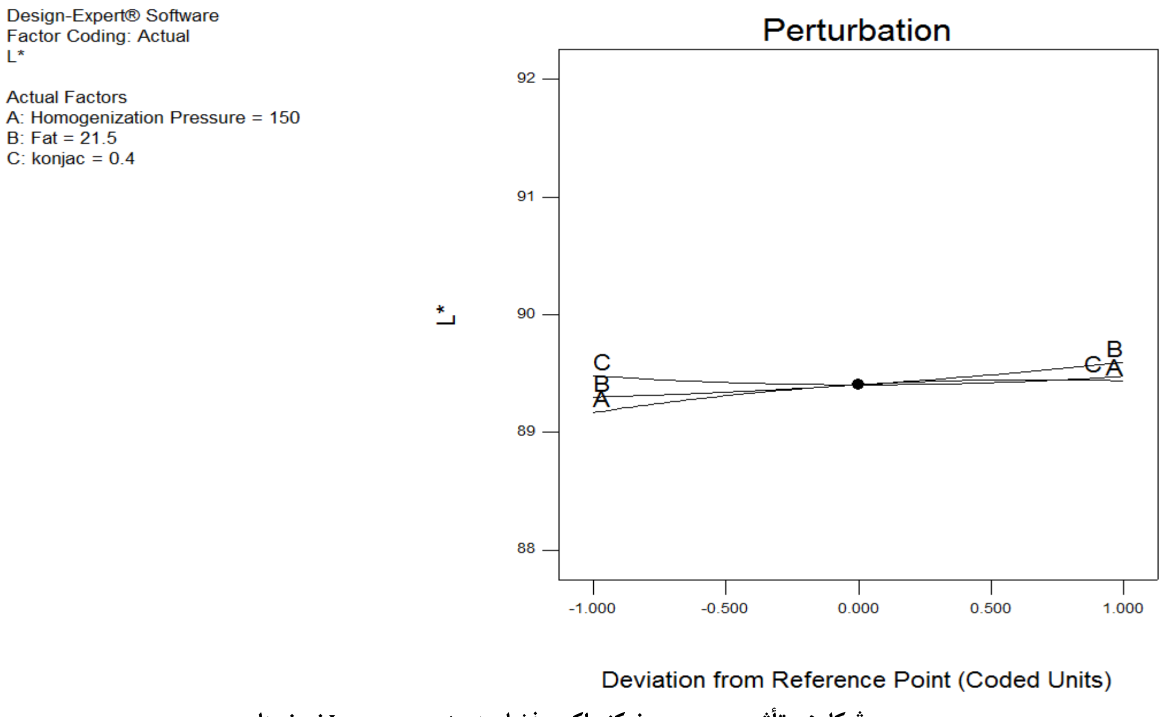
نتایج بررسی‌ها نشان داد که با افزایش میزان فشار هموژن و صمغ کنجاک چسبندگی نمونه‌ها نیز به‌طور معنی‌دار افزایش می‌یابد. البته با افزایش همزمان فشار هموژن و چربی، چسبندگی نمونه‌ها به میزان بیشتری افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده اثر سینرزیستی چربی و فشار هموژن بر روی چسبندگی نمونه‌ها می‌باشد. همانطور که در بحث

سختی گفته شد، علت این امر افزایش ویسکوزیته محصول در اثر افزایش فشار هموژن می‌باشد (قدس روحانی،۱۳۸۵) که این افزایش ویسکوزیته منجر به افزایش چسبندگی نیز خواهد شد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش میزان چربی نیز مقادیر چسبندگی افزایش می‌یابد. در ارتباط با چسبندگی نمونه‌های خامه می‌توان گفت که با توجه به این که نیروی چسبندگی، نیروی لازم جهت غلبه بر نیروی جاذبه سطحی بین ذرات است، لذا هر چه ساختار و شبکه کریستال‌های چربی از سختی بیشتری برخوردار باشد، چسبندگی نیز بیشتر خواهد بود که نتایج حاصل از سختی نیز آن را تأیید می‌کند. همچنین چسبندگی نیز مانند سختی تحت تأثیر شبکه سه‌بعدی ایجاد شده توسط صمغ قرار می‌گیرد (معتمدزادگان و همکاران، ۱۳۹۲).

**L***

نتایج بررسی‌ها نشان داد که در بین اثرات خطی، متقابل و درجه دوم، اثر خطی چربی در سطح ۹۵ درصد و اثرات متقابل صمغ کنجاک- فشار هموژن و چربی- فشار هموژن در سطح ۹۹ درصد و چربی-صمغ کنجاک در سطح ۹۹ درصد بر روی L* نمونه‌ها معنی‌دار بود در حالی که صمغ کنجاک و فشار هموژن به تنهایی هیچگونه اثر معنی‌داری بر L* نمونه‌ها در روز اول نداشت. عدم معنی‌داری صمغ کنجاک و فشار هموژن به تنهایی و معنی‌دار شدن اثرات متقابل صمغ کنجاک- فشار هموژن بر روی L* نمونه‌ها نشان دهنده اثر سینرژیستی آنها بر روی یکدیگر می‌باشد. شکل ۶ تأثیر چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن را بر روی L* نمونه‌ها نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود با افزایش میزان فشار هموژن و صمغ کنجاک و چربی L* نمونه‌ها مقدار کمی افزایش می‌یابد اگرچه همانطور که در قبل ذکر شد این تغییرات برای فشار هموژن و صمغ کنجاک معنی‌دار نیست. پراکندگی نور در هر سیستمی مربوط به ناهماهنگی مولکولی و یا حتی سطح اتم‌ها می‌باشد. تغییر در روشنایی تیمارها می‌تواند ناشی از تغییرات ساختار ناشی از اثرات تیمارها باشد که منجر به تغییرات متفاوت پراکنش نور می‌گردد (عظیمیان دهکردی، ۱۳۹۵).




**شکل۵- تأثیر چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن بر روی L* نمونه‌ها**

**a***

نتایج بررسی‌ها نشان داد که هیچ کدام از اثرات خطی و درجه دوم و متقابل اثرات چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن بر روی a* نمونه‌ها در معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵).

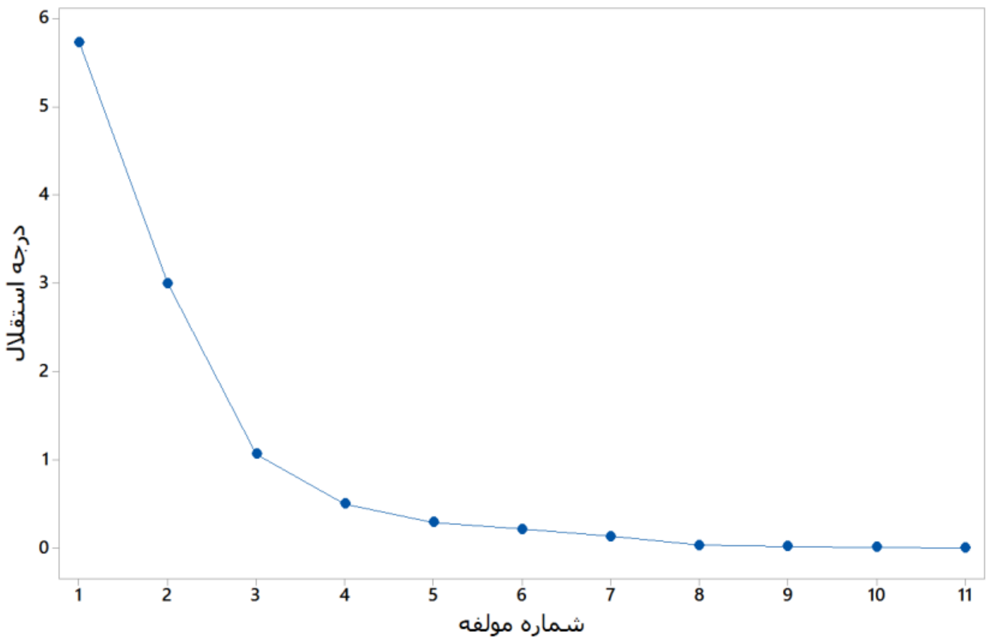
**b***

در بین تمامی مدل‌ها، مدل چندجمله‌ای درجه سه بهترین برازش را بر داده‌های مورد آزمون داشت که نشان‌دهنده رفتار غیرخطی اثرات چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن بر b* نمونه‌ها می‌باشد. همچنین

نتایج بررسی‌ها نشان داد که در بین اثرات خطی، متقابل و درجه دوم، اثر خطی چربی و فشار هموژن و کلیه اثرات متقابل چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن در سطح ۹۹ درصد بر روی $b^*$ نمونه‌ها معنی‌دار بود به‌طوری که با افزایش چربی و فشار هموژن $b^*$ نمونه‌ها افزایش یافت. در حالی که صمغ کنجاک به تنهایی هیچگونه اثر معنی‌داری بر $b^*$ نمونه‌ها نداشت. میزان چربی بالاتر در خامه به دلیل رنگ زرد طبیعی چربی و همچنین کاهش پراکنش نور در اثر الحاق بیشتر گویچه‌های چربی منجر به افزایش $b^*$ (زردی) خامه گردید. عدم معنی‌داری صمغ کنجاک به تنهایی و معنی‌دار شدن اثرات متقابل آن با فشار هموژن و چربی بر روی $b^*$ نمونه‌ها نشان‌دهنده اثر سینرژیستی آن بر روی فشار هموژن و چربی می‌باشد که می‌تواند ناشی از تفاوت در اندازه گویچه‌های چربی و غلظت پروتئین‌های سرمی سطح گویچه‌های چربی در غلظت‌های متفاوت چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن باشد (عظیمیان دهکردی، ۱۳۹۵).

### همبستگی بین خصوصیات حسی، فیزیکوشیمیایی و بافتی آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)

جهت بررسی رابطه بین پارامترهای حسی، فیزیکوشیمیایی و بافتی نمونه‌های خامه، نمودار پراکنش آن‌ها در فضای PC مورد استفاده قرار گرفت. همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود از مجموع ۱۳ مؤلفه که با درجات استقلال متفاوت تعریف شده‌اند فقط دو مولفه دارای درجه استقلال بالاتر از یک می‌باشند که به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در نظر گرفته شدند. بنابراین مولفه‌های اصلی PCA داده‌های مربوط به ۲۰ نمونه خامه با دو مؤلفه اصلی به‌ترتیب ۴۵/۲۷٪ و ۲۷/۳۲٪ واریانس محاسبه شده‌اند.



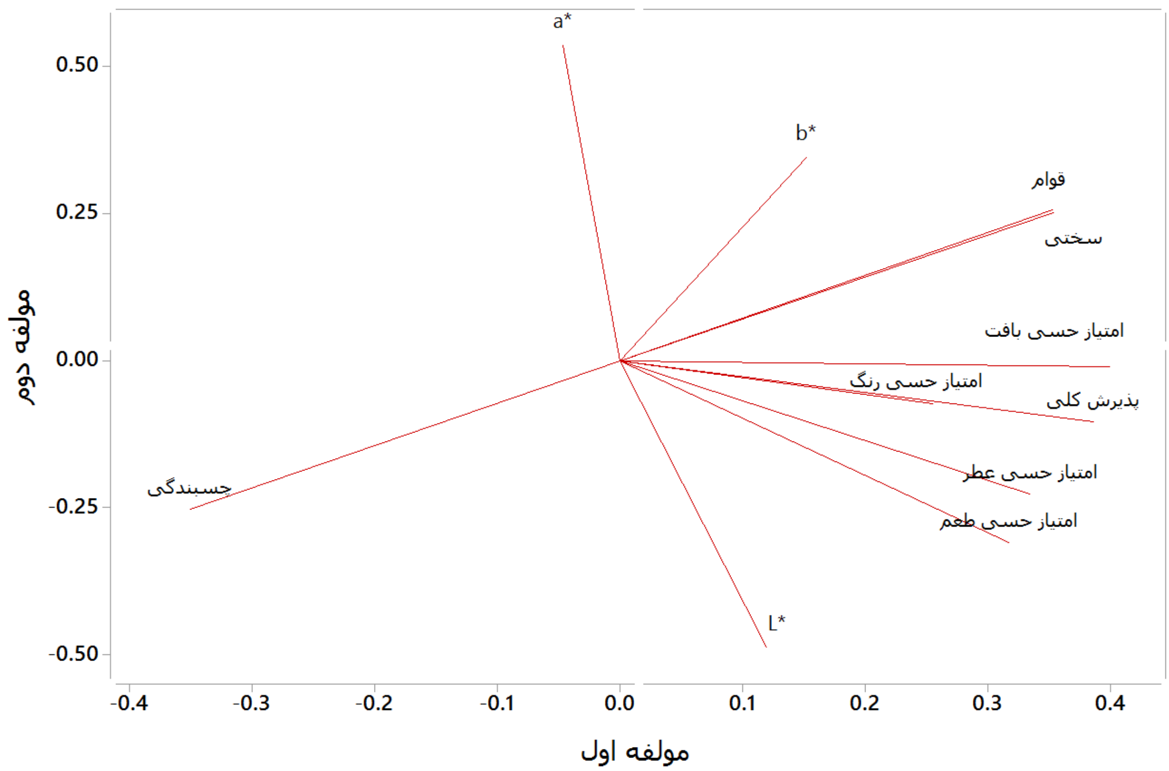

**شکل ٦- مولفه‌های اصلی به‌عنوان تابعی از درجه استقلال نمونه‌های خامه کم‌چرب**

شکل ۷ پراکنش پارامترهای حسی، فیزیکوشیمیایی و بافتی را بر مبنای دو مولفه اول و دوم نشان می‌دهد. همان‌طور که از موقعیت صفات در فضای PC مشاهده می‌گردد، صفات دستگاهی سختی و قوام در مجاورت هم و نزدیک به امتیاز حسی بافت قرار گرفته‌اند. همچنین امتیاز عطر، امتیاز طعم، امتیاز رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها در مجاورت هم بودند. مجاورت صفات حاکی از آن است که صفات اندازه‌گیری شده توسط ارزیاب‌ها تقریباً معادل پارامترهایی است که توسط روش‌های دستگاهی اندازه‌گیری شده‌اند. علاوه بر این، رابطه‌ای نزدیک بین سختی و قوام با پذیرش کلی نمونه‌ها وجود دارد که این امر نشان می‌دهد که از بین صفات اندازه‌گیری شده، این ویژگی‌ها دارای اهمیت بالاتری نسبت به سایر پارامترها برای پذیرش کلی مصرف‌کنندگان می‌باشد. Monaco و همکاران (۲۰۰۸) رابطه و همبستگی بالایی بین سختی بافت دستگاهی و سفتی بافت حسی در ۱۵ ماده غذایی مختلف جامد را گزارش نمودند. از بررسی ارتباط بین پارامترهای بافتی و ویژگی‌های حسی می‌توان در جهت بهینه‌سازی کمی و دستگاهی خصوصیات بافتی مواد غذایی استفاده نمود.

### ضریب همبستگی میان داده‌های حسی و دستگاهی

ارتباط میان اندازه گیری‌های خصوصیات حسی، فیزیکوشیمیایی و بافتی نمونه‌های خامه در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به

جدول ۳ بالاترین میزان ارتباط بین سختی و امتیاز حسی بافت (یک ارتباط خطی مثبت قوی (۰/۷۷۴)) و قوام و امتیاز حسی بافت (یک ارتباط خطی مثبت قوی (۰/۷۶۰)) می‌باشد. از طرفی همبستگی پذیرش کلی با سختی (۰/۶۷۵) ، قوام (۰/۶۶۷)، و چسبندگی (۰/۷۰۹-) قابل توجه است بدین معنی است که افزایش سختی، قوام و کاهش چسبندگی منجر به افزایش پذیرش کلی نمونه‌ها می‌گردد. این داده‌ها نشان دهنده راهکاری مفید برای صنعت می‌باشد، چرا که استفاده از داده‌های دستگاهی در مقابل داده‌های حسی (نیازمند آموزش پانلیست و هزینه زیاد) از دقت بالاتری و با هزینه کمتری امکان‌پذیر است و می‌توان از این طریق میزان پذیرش مصرف کننده را تخمین زد (Gonzalez Vinas *et al*, 2007).



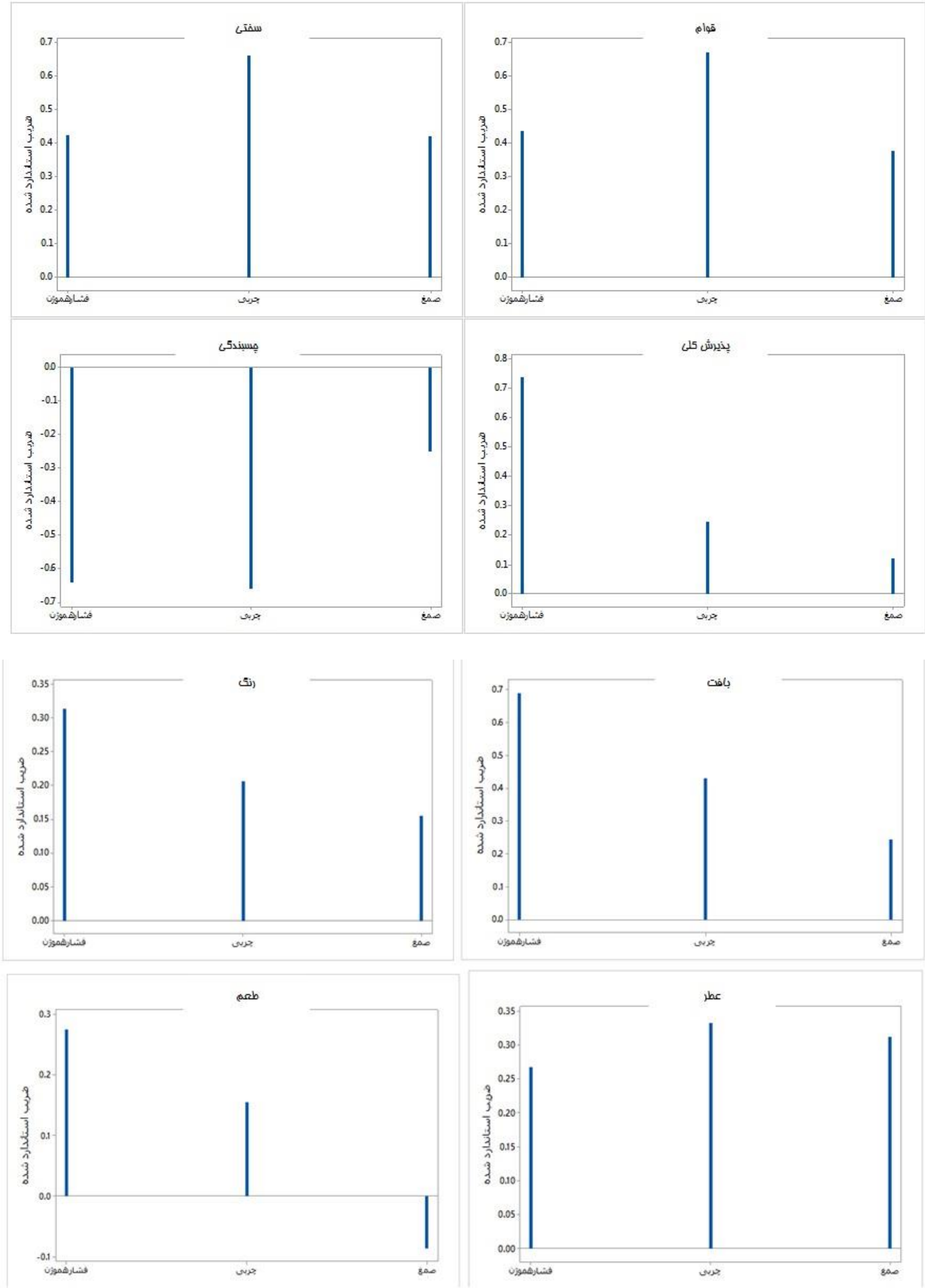

**شکل ۷- سهم ویژگی‌های دستگاهی و حسی اندازه‌گیری شده در دو مولفه اصلی اول و دوم**

**جدول ۳- ضریب همبستگی میان داده‌های حسی و سفتی دستگاهی خامه کم‌چرب**

| | امتیاز حسی بافت | امتیاز حسی طعم | امتیاز حسی عطر | امتیاز حسی رنگ | پذیرش کلی |
|---|---|---|---|---|---|
| سختی | ۰/۷۷۴ | ۰/۳۸۷ | ۰/۴۸۳ | ۰/۲۸۶ | ۰/۶۷۵ |
| قوام | ۰/۷۶۰ | ۰/۳۹۱ | ۰/۴۷۹ | ۰/۳۰۹ | ۰/۶۶۷ |
| چسبندگی | -۰/۷۶۹ | -۰/۳۵۰ | -۰/۴۱۱ | -۰/۳۵۲ | -۰/۷۰۹ |
| L* | ۰/۲۵۵ | ۰/۶۶۳ | ۰/۴۲۷ | ۰/۱۶۵ | ۰/۴۵۰ |
| a* | ۰/۰۲۵ | -۰/۴۷۹ | -۰/۴۹۸ | -۰/۲۳۰ | -۰/۰۴۵ |
| b* | ۰/۲۵۸ | ۰/۰۳۹ | ۰/۲۵۱ | ۰/۳۵۲ | ۰/۱۰۷ |

### ضریب اهمیت در رگرسیون PLS

شکل ۸ ضریب اهمیت تخمین زده شده به‌وسیله رگرسیون PLS بین تک‌تک متغیرهای مستقل (فشار هموژن، چربی و صمغ کنجاک) با متغیرهای وابسته صفات حسی و بافتی (سختی، قوام، چسبندگی، امتیاز بافت، امتیاز طعم، امتیاز عطر، امتیاز رنگ و پذیرش کلی) نمونه‌های خامه کم‌چرب را نشان می‌دهد. در این اشکال هرچه فاصله اثر به عدد یک نزدیک‌تر و یا بیشتر باشد اهمیت بالاتری پیدا می‌کنند.




**شکل ۸- ضریب اهمیت تخمین زده شده بوسیله رگرسیون PLS بین متغیرهای مستقل با متغیرهای وابسته صفات حسی نمونه‌های خامه کم چرب**

همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌گردد چربی بالاترین اهمیت مثبت را درخصوص سختی، قوام و امتیاز عطر و آروما دارد درحالی که بر چسبندگی دارای بالاترین اهمیت منفی است. فشار هموژن نیز بالاترین اهمیت مثبت را در خصوص امتیاز حسی بافت، امتیاز حسی رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها دارد.

## نتیجه‌گیری

خصوصیات حسی و دستگاهی محصولاتی مانند خامه نقش مهمی در ویژگی‌های کاربردی و بازارپسندی محصول دارد. در خامه این ویژگی‌ها عمدتاً تحت تاثیر فرایند تولید، میزان چربی و افزودنی‌های به کار رفته در آن قرار می‌گیرد. در این پژوهش اثر مقادیر مختلف صمغ کنجاک، میزان چربی و فشار هموژن بر ویژگی‌های حسی، فیزیکوشیمیایی و بافتی خامه کم‌چرب توسط روش‌های دستگاهی و ارزیابی حسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که صمغ کنجاک به عنوان یک هیدروکلوئید می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسب چربی در خامه مورد استفاده قرار گیرد و خواص حسی، فیزیکوشیمیایی و بافتی مطلوبی را در آن ایجاد کند. همچنین نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین خصوصیات حسی و خصوصیات دستگاهی نشان داد که صفات اندازه‌گیری شده توسط ارزیاب‌ها تقریباً معادل پارامترهایی هستند که توسط روش‌های دستگاهی اندازه‌گیری شده‌اند. بنابراین روش‌های دستگاهی در بیشتر موارد به خوبی می‌تواند صفات حسی خامه را پیش بینی کند و جایگزین بخشی از روش‌های ارزیابی حسی گردد.

## منابع


امیری، ص. و رادی، م. ۱۳۷۸ . بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی- چشایی خامه کم چرب تهیه شده از نشاسته گندم اصلاح شده ، هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی.

ایوبی،ا. و مظاهری تهرانی، م. ۱۳۹۴. بررسی امکان استفاده از آرد کامل سویا در فرمولاسیون خامه. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۱۲، شماره ۴۹، صفحه 112-103

عظیمیان دهکردی، ا.۱۳۹۵ . اثر صمغ فارسی و امولسیفایرها بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خامه قنادی. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.

غلامحسین پور، ع.ا. و مظاهری تهرانی، م. ۱۳۹۰. استفاده از کنسانتره پروتئینی شیر (MPC-85) در تولید خامه کم چرب و ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی و حسی آن. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. جلد ۷. شماره ۲. ۱۷۸-۱۷۲.

فرحناکی، ع.، صفری، ز.، احمدی گورجی، ف. و مصباحی، غ. ر. ۱۳۹۰ . کاربرد ژلاتین به عنوان هیدروکلوئید جایگزین چربی در تولید خامه کم چرب. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۴۵-۵۲ ، دوره ۸، شماره ۳۱.

قدس روحانی، م. ۱۳۸۵. مبانی شیمی شیر، انتشارات پژوهش توس

قدس روحانی، م. ۱۳۸۵. اصول فراوری شیر و فراورده های شیری، انتشارات نشر آموزش کشاورزی

قدس روحانی، م.، مرتضوی، ع . مظاهری تهرانی، م. رضوی، م. ع. ۱۳۸۸. بررسی اثر شرایط فرآیند بر ویژگی های شیمیایی و حسی پنیر فتای فراپالایش شده تولیدی از مخلوط شیر گاو و شیر سویا. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران. ۶ (۱) : ۸۷- ۹۸

محمدی، س. م. ۱۳۹۰. تأثیرامواج فراصوت، هموژنیزاسیون و تنش‌های برشی بر خواص فیزیکوشیمیایی صمغ کربوکسی متیل سلولز، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

محروقی، م.، قدس روحانی، م. رشیدی، ح. ۱۳۹۶. بررسی افزودن هیدروکلوئیدهای کنجاک و زانتان بر ویژگی های بافتی پنیر پروسس بخش پذیر. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۳۰۶- ۲۹۳، دوره ۱۴، شماره ۶۸.

معتمدزادگان، ع.، شهیدی، ا.، حسینی پرور، ه. و ابدالی، س.۱۳۹۲. بررسی اثر نوع ژلاتین بر ویژگی‌های کاربردی ماست قالبی فاقد چربی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۴۷، صفحات ۲۲۱-۲۳۰.

Bahramparvar, M. and mazaheri Tehrani, M. 2011. Application and function of stabilizers in ice cream. *Food reviews international*.27(4):389-407.

Chua, M., Chan, K., Hocking, T.J., Williams, P. A., Perry, C. J. and Baldwin, T.C .2012. Methodologies for the extraction and analysis of konjacglucomannan from corms of Amorphophalluskonjac K. Koch. *Carbohydrate Polymers* 87(3) 2202–2210.

Duffy, V.B., and Anderson, G.H. 1998. Position of the american dietetic association: use of nutritive and nonnutritive sweeteners. *Journal of the American Dietetic Association*, 98, 5, 580-587.

Emam jome, Z., Mousavi, M.E. and Ghorbani, A.V. 2008. Effect of WPC addition on the physical properties of homogenized sweetened dairy cream. *International Journal of Dairy Technology*. 67(2), 183-191.

Fenelon, M., Tobin, A., Fitzsimons, J., and Kelly, A. 2011. The effect of native and modified konjac on the physical attributes of pasteurized and UHT treated skim milk. *International Dairy Journal*, 21, 790-797.

GonzalezVinas, MA. Ballesteros, C., Martín-Alvarez, PJ. and Cabezas, L.. 2007. Relationship between sensory and instrumental measurements of texture for artisanal and industrial Manchego cheeses. *Journal Sens Stud*, 22, 462– 476.

Koca, N., & Metin, M. 2004. Textural, melting and sensory properties of Dairy Jornal, 14 (4) 365 - 31

Liu, H., Xu, X.M. and Guo, S.h.D. 2007. Rheological, texture and sensory properties of lowfat mayonnaise with different fat mimetics. Food Science and Technology; 946-954.

Merrill, R.K., Oberg, C. and McMahon, D. 1994. A method for manufacturing reduced fat Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci*. 77: 1783–1789.

Monaco, DI., Cavella,S and Masi,P. 2008. Predicting sensorycohesiveness, hardness and springiness of solid foods from instrumental measurements. University of Naples Federico II, Italy University of NaplesFederico II, Italy.

Mulder, H. and Walstra, P. 1974. The Milk Fat Globule. Emulsion as Applied to Milk Products and Comparable Foods. Center for agricultural publishing and documentation, *Wageningen*, the Netherlands.

Sajedi, M., Nasirpour, A., Keramat, J. and Desobry, S. 2014. Effect of modified whey protein concentrates on physical properties and stability of whipped cream. *Food Hydrocolloids.* 36: 93 – 101.

Smith, A.K., Kakuda,Y., and Goff, H.D. 2000. Changes in protein and fat structure in whipped cream caused by heat treatment and addition of stabilizer to the cream. *Food Research International*, 33, 697-706.

Takigami S, Takiguchi T, Phillips G O. Microscopical studies of the tissue structure of konjac tubers.1997. Food Hydrocolloids; 11, 479-484

Tenenhaus, M., Pages, J., Ambroisine, L. and Guinot, C.. 2005. PLS methodology to study relationships between hedonic judgments and product characteristics. *Food Quality and Preference*, 16, 315-325.

Worrasinchai, S., Suphantharika, M., Pinjai, S. and Jammong, P. 2006. β-Glucan prepared from spent brewer's react as a fat replacer in mayonnaise. *Food Hydrocolloids;* 20:68- 8.

Zhang, L., Xue, Y., Xu, J., Li, Z. and Xue, C. 2015. Effects of deacetylation of konjac glucomannan on Alaska Pollock surimi gels subjected to high-temperature (120℃) treatment, *Food Hydrocolloids*, 43, 125-131.

Zhao, Q. Z., Zhao, M. M., Li, J. R., Yang, B., Su, G. W., Cui, C. and Jiang, Y. M. 2009. Effect of Hydroxypropyl Methylcellulose on the Textural and Whipping Properties of Whipped Cream. *Food Hydrocolloids*, 23, 2168-2173.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 1, Apr. May. 2021, p. 107- 120

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۰ ص.۱۲۰-۱۰۷

# Evaluation and comparison of sensory, color, and rheological properties of low fat cream containing Konjac gum by Principal component analysis (PCA) and Partial least squares (PLS) regression

S. A. Mohammadi[1], M, Ghods Rohani[2*], M. Najaf Najafi[2], M. Kashaninejad[3]

Received: 2019.06.22
Accepted: 2020.03.31

**Introduction:** In recent years, with increasing public awareness about the harmful effect of fat consumption, demand for low-fat dairy products has increased significantly. On the other hand, fat reduction reduces the rheological and sensory properties of food, such as taste, flavor, texture and mouth feel. Therefore, it is difficult to produce a low-fat product with the same characteristics of high-fat product. In order to imitate different functions of fat in low-fat foods, such as consistency of the product, mouth feel, color, flavor and rheological properties should be considered. Fat substitutes are macromolecules that are used to provide all or part of the fat functions in a food product and produce less calorie intake than fat. Konjac is a neutral and polysaccharide hydrocolloid that is used as a gelling agent in traditional Asian foods due to its high ability in absorbing water. In addition, it is one of the most viscous dietary fiber. The use of konjac in western countries is expanding as a component in functional foods. Konjac can therefore be used as an appropriate substitute for fat in dairy products such as cream, which in addition to reducing the amount of fat can maintain and even improve the physical and other properties of the product. The purpose of this study was to produce low-fat cream with good nutritional value, variety in formulation, as well as lower prices.

**Materials and methods:** Fresh cream of 30% fat and pasteurized milk were purchased from Razavi Dairy Company and konjac gum was provided from Food Chem (China). First, the gum was mixed with the pasteurized milk at 45°C. Then the mixture was added to the cream of 30% fat to reach the fat content of 18– 25%. The final mixture, after homogenization in the different specified values of pressure, was pasteurized at 85°c for 15 min, and then packed in polyethylene bottles and kept in the refrigerator (4ºC) until theday of experiment. The effect of amounts of Kanjac gum (0.2- 0.6), the amount of fat (18- 25%) and homogenization pressure (100- 200 bar) on the sensory, color, and rheological characteristics of low-fat cream were investigated

**Results and discussions:** The results of evaluating the characteristics measured using the response surface methodology indicated that the hardness, consistency, adhesiveness, b*, sensory score of texture, sensory score of aroma and overall acceptance of samples significantly increased with an increasing homogenization pressure. Also increasing fat content caused an increasing the adhesiveness, L*, b*, sensory score of taste, sensory score of aroma and total acceptance of samples. Increasing the konjac gum content also increased hardness, consistency, adhesiveness, and sensory score of texture. The distribution of responses in the principal component also showed that the instrumental measures like hardness and consistency were close to the sensory score of texture of the samples. This proximity of these attributes indicated that the properties measured by the panelists were approximately equivalent to the parameters which were measured by instrumental methods. Also, the results of the correlation coefficient between sensory and instrumental measurements showed that the highest correlation between hardness and sensory score of texture (a strong positive linear relationship (0.774), and between the consistency and sensory score of texture (a strong positive linear relationship (0.760)). Rheological and sensory properties in products such as cream, play an important role in the processing and marketability of the product. In cream, these characteristics are mainly influenced by the method of production, the amount of fat, and potential additives used. The results of this study showed that konjac gum as a hydrocolloid can be used as a proper substitute for fat in the cream, and with suitable sensory, color and rheological properties. The results of this study about the correlation between sensory properties and instrumental specification showed that the properties measured by the panelists are approximately equivalent to the parameters measured by the instrumental methods. Therefore, the results of instrumental methods in most cases can well predict the sensory properties of the cream and then can be replaced it.

**Keywords:** Principal component analysis, Low fat cream, partial least squares regression, Konjac gum, Homogenization pressure

1. MSc of Novel Dairy Products Manufacture, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
2. Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
3. PhD student of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.
(* Corresponding Author: Qhods@yahoo.com)